Variador de Frecuencia de Media Tensión con Frente Activo y Reactor de Línea (D2D)

Enfriado por Aire y Líquido

Parte 1 General

1.1 Resumen

A. Está sección incluye:

1. Esta especificación cubre el material, equipo y servicios de arranque requeridos para poner en operación un sistema de Variador de Frecuencia (VFD) de Media Tensión. Esta especificación puede aplicar a motores de Corriente Alterna (C.A.) de Inducción o Síncronos.
2. Cada sistema de VFD deberá consistir de todos los componentes requeridos para alcanzar el desempeño, protección, seguridad y criterios de certifciación de esta especificación.
3. Los siguientes componentes deben integrar el sistema de VFD:
   - Un reactor de Línea Integral
   - Convertidor de Frente Activo (Convertidor PWM)
   - Inversor PWM
   - Reactor de choque de Corriente Directa (C.D.) y protección de modo común
   - Filtros de entrada y salida, si aplica

B. Secciones Relacionadas:

1. _____
2. _____
3. _____

1.2 Calificaciones

A. Fabricante

1. El Proveedor deberá demostrar al menos diez años de experiencia en la manufactura de Variadores de Media Tensión para su uso en aplicaciones, voltaje y tamaños similares deseados. Una Lista de Usuarios completa deberá ser suministrada bajo la solicitud del posible nuevo usuario.
2. Los fabricantes aprobados son:
   a. Rockwell Automation - Allen-Bradley

B. Soporte

1. El fabricante deberá de contar con personal entrenado y certificado en fábrica para el arranque del proyecto; y deberá demostrar, también, por respaldo de reportes de dicho personal, que se cuenta con esa misma experiencia de 10 años en operación y arranque de VFD de Media Tensión.
2. El personal de soporte deberá ser empleado directo del fabricante.
3. El fabricante deberá de proveer todos los servicios de arranque y entrenamiento requeridos

C. Certificación

1. El Variador de Frecuencia en Media Tensión debe cablearse previamente en fábrica, ensamblarse y probarse como parte de un sistema integral por parte del proveedor. La información y datos específicos del Variador, Motor y Aplicación deben cargarse o programarse con anterioridad en la interface del operador y además someterse a prueba previa al despacho.
2. Todos los procedimientos de Inspección y Pruebas se desarrollarán y controlarán de acuerdo a las guías y prácticas del sistema de calidad del proveedor. Este sistema deberá estar registrado en ISO 9001, regularmente revisado y auditado por un tercero.
3. Todo el material deberá de inspeccionarse y/o probarse para asegurar el cumplimiento de las especificaciones de calidad.
4. Todos los sub-ensambles deberán ser inspeccionados y/o probados para asegurar el cumplimiento de la ingeniería y especificaciones de calidad del proveedor.
5. Todas las tarjetas electrónicas con componentes activos deberán tenerlos impresos bajo los estándares del fabricante.
6. Proveedores de equipos de terceros y comercializados por otra compañía no serán aceptados.

1.3 Referencias

A. Variadores de Frecuencia

- Canadian Standards Association (CSA) "Industrial Control Equipment C22.2 No. 14"
- American National Standards Institute (ANSI) *"Instrument Transformers C57.13"*
- Institute of Electrical & Electronic Engineers (IEEE)
- National Electrical Code (NEC)
- Electrical & Electronic Manufacturers Assoc. of Canada (EEMAC)
- Occupational Safety & Health Act (OSHA)
- Guide for Harmonic Control and Reactive Compensation of Static Power Converters (IEEE 519-1992)
- National Electrical Manufacturers Association (NEMA) *"Medium Voltage Controllers Rated 1501 to 7200V AC ICS 3-2 (formerly ICS 2-324)"*
- Underwriters Laboratories, Inc. (UL) *(High Voltage Industrial Control Equipment 347)*
- UL 347A Medium Voltage Power Conversion Equipment Preliminary Standard
- International Electro-technical Commission (IEC) 61800-5 AC Drives Standard
- European Directives for Safety and EMC

B. Transformadores de Aislamiento uso Rectificador

- IEEE C57.12.00-1993, IEEE Standard General Requirements for Liquid-Immersed Distribution and Regulating Transformers.
- IEEE C57.12.01-1989, IEEE Standard General Requirements for Dry-Type Distribution and Power Transformers.
- ANSI C57.12.10-1988, American National Standard for Transformers – 230 KV and Below 833/948 through 8333/10417 KVA, Single-Phase, and 750/862 through 60000/80000 KVA with load TAP Changing – Safety Requirements.
- ANSI C57.12.51-1981, American National Standard Requirements for Ventilated Dry-Type Power Transformers, 501 KVA and Larger, Three-Phase with High-Voltage 601 to 34500 volts, Low-Voltage 208Y/120 to 4160 Volts.
- ANSI C57.12.70-1978, American National Standard Terminal Markings and Connections for Distribution and Power Transformers.
- IEEE C57.12.90-1933, IEEE Standard Test Code for Liquid-Immersed Distribution, Power and Regulating Transformers and IEEE Guide for Short Circuit Testing of Distribution and Power Transformers.
- IEEE C57.12.91-1995, IEEE Standard Test Code for Dry-Type Distribution and Power Transformers.
- IEEE C57.18.10-1998, IEEE Standard Practices and Requirements for Semiconductor Power Rectifier Transformers.
- IEEE C57.124-1991, IEEE Recommended Practice for the Detection of Partial Discharge and the Measurement of Apparent Charge in Dry-Type Transformers.
- IEC 60076-1, Power Transformers: General.
- IEC 60076-2, Power Transformers: Temperature rise.
- IEC 60076-3, Power Transformers: Insulation levels and dielectric tests, Amendment No.1.
- IEC 60076-3-1, Power Transformers: Insulation levels and dielectric tests. External clearances in air.
- IEC 60076-4, Power Transformers: Tappings and Connections.
- IEC 60076-5, Power Transformers: Ability to withstand short circuit.
- IEC 60616, Terminal and Tapping Markings for Power Transformers.
- IEC 60722, Guide to the Lightning Impulse and Switching Impulse Testing of Power Transformers and Reactors.
- IEC 60726, Dry-type Power Transformers.
- IEC 61378-1, Converter Transformers, Part 1: Transformers for Industrial Applications

1.4 Requerimientos Ambientales

A. Confirmar que se mantendrán las condiciones ambientales durante y después de la instalación de los productos.
B. Mantener el área libre de polvo y suciedad durante y después de la instalación de los productos.

1.5 Documentos requeridos previos a la manufactura

A. Refiérase a la sección _____ para revisar el procedimiento de presentación de estos documentos.
B. Dibujos de Fábrica
    1. Dibujos de Elevación mostrando información de las dimensiones
    2. Descripción de la estructura mostrando:
    3. Tipo de envolvente
    4. Tipo de estructura
    5. Otra Información requerida para la aprobación
    6. Localización de los ductos de cableado
    7. Descripción de las unidades incluyendo capacidad de corriente, tamaño, ajustes, dispositivos piloto, etc.
    8. Diagramas esquemáticos

C. Datos del Producto
    1. Publicaciones del Variador de Frecuencia
    2. Hoja de datos y publicaciones de los componentes mayoritarios
        a. Contactores
        b. Interruptores y Fusibles, la información debe incluir las curvas de corriente
        c. Transformadores de Control
        d. Dispositivos Piloto
        e. Relevadores
        f. Interface del Operador

D. Refacciones
    1. Una lista de partes recomendadas incluyendo precios de lista
    2. Partes Críticas – partes que se identifican con tiempos de entrega largos y/o críticas para la operación de las unidades. Estas partes se tendrán en reserva del Comprador para limitar tiempos de paro prolongados en el caso de alguna eventualidad.
    3. Partes de Mantenimiento – partes que se identifiquen como requeridas de manera regular para desempeñar un mantenimiento programado en el equipo. Estas partes incluirán, pero no estarán limitadas a, repuestos de consumibles requeridos durante los periodos de mantenimiento programado.

E. Respuesta a la especificación
   1. Se deberá dar respuesta a esta especificación mostrando y/o identificando dentro de la literatura y/o dibujos donde se satisfacen los requerimientos de la misma.
   2. Todas las aclaraciones y excepciones deberán estar indicadas claramente.

F. Pruebas y Reporte de Pruebas
   1. Las pruebas deberán de realizarse bajo el estándar del fabricante.
   2. Se deberá de proveer una copia de las los reportes de prueba como parte de la documentación final.

1.6 Presentación de Documentos Finales

A. Refiérase a la sección _____ para revisar el procedimiento de presentación de estos documentos.
B. Se deberá de proveer una certificación de parte del Contratista indicando que el Variador de Frecuencia se instaló de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
C. Deberá incluir, también, una certificación indicando que se han ajustado correctamente los dispositivos de control y protección adicionales.
D. Dibujos Finales ("As built"). El fabricante deberá reflejar el estado final de los dibujos del equipo hasta el momento de su embarque. El contratista será el responsable de realizar los cambios a estos dibujos del fabricante en el caso de que exista alguna modificación en campo.
E. Datos de Mantenimiento
   1. Manual de Usuario e Instalación del Variador de Frecuencia
   2. Instrucciones de Instalación/Operación de los componentes mayoritarios como Interruptores, Contactores, Transformadores de Aislamiento, etc.
   3. Lista de Parámetros del Variador de Frecuencia
   4. Reporte del Servicio en Campo del arranque del VFD
   5. Lista de partes de repuesto del VFD con precios
   6. Incluir el Nombre, Teléfono y Responsable a contactar del Distribuidor Local para las partes de repuesto.

1.7 Entrega, Almacenamiento y Manejo

A. El Contratista se coordinará con el fabricante para el embarque de los equipos.
B. El Contratista almacenará el equipo en un espacio cerrado (bajo techo), limpio y seco.
C. El Contratista protegerá a las unidades y/o equipos de suciedad, agua, agentes contaminantes y tráfico.
D. Durante el almacenamiento el contratista deberá conectar las resistencias calefactoras internas (si se especifica) con un suministro de voltaje temporal.

1.8 Mediciones en Campo

A. El Contratista deberá verificar todas las mediciones en campo previo a la fabricación del Variador de Frecuencia.

1.9 Materiales de Repuesto

1.9.1 Las partes de repuesto siguientes se deberán de producirse para cada tamaño de variadores:

A. Tres piezas de cada tipo de fusible de control y potencia
B. Dos módulos de potencia (SGCT's) o 20%, lo que sea mayor
C. Dos LEDs de repuesto de cada tipo usado
D. Dos relevadores de control de repuesto de cada tamaño usado
E. Dos juegos de repuesto de todos los filtros de aire
F. Un mecanismo de izaje o grúa para remover y remplazar las celdas de potencia, si es requerido
G. Un juego de repuesto de las tarjetas de control electrónicas

1.10 Garantía

A. El fabricante deberá de proveer una garantía en las partes de repuesto estándar de dieciocho (18) meses después del embarque o doce (12) meses después de haber sido energizado en campo, lo que ocurra primero.
B. El fabricante deberá confirmar está garantía como parte de la presentación de la propuesta.
C. Está garantía aplica a todo el sistema del Variador de Frecuencia.

Parte 2 Productos

2.1 Clasificaciones

A. Voltaje
1. El VFD deberá aceptar el voltaje nominal de planta de 4'160 V (2'400 V, 3'300 V, 6'600 V, otro) a 60 Hz.
2. El suministro de voltaje deberá de tener la tolerancia de 10 %.
3. En baja Tensión, se deberá de proveer de una alimentación de voltaje auxiliar (monofásica ó trifásica, dependiendo del tamaño del equipo) por parte del cliente/usuario para el sistema de enfriamiento y control del Variador de Frecuencia. El voltaje auxiliar será de 115/120 VCA monofásico o de 208 a 575 VCA trifásico.

B. Desplazamiento del Factor de Potencia
1. El VFD deberá de ser capaz de mantener un mínimo de factor de potencia real (Desplazamiento de F.P. x Distorsión de F.P.) de 0.98 desde 60 hasta el 100% de carga.
2. Si algún proveedor no puede cumplir con el requerimiento anterior, entonces deberá de proveer una unidad de corrección de Factor de Potencia para este efecto, cotizando como una opción dentro de la propuesta.

3. El Factor de Potencia Real que puede ser alcanzado (ya sea sin la unidad adicional o con ella) deberá estar indicado claramente en la propuesta.

C. Eficiencia

1. La eficiencia mínima del sistema del Variador de Frecuencia deberá ser de 96% al 100% de velocidad y carga. La eficiencia del sistema deberá de incluir al VFD, transformador de entrada o reactor de línea, filtro de armónicas (si aplica), unidad de corrección de Factor de Potencia (si aplica) y filtros de salida (si aplica). (Asumiendo un F.P. mínima de 0.86)
2. En los cálculos de las pérdidas deben considerarse las fuentes de poder, circuitos de control, ventiladores de enfriamiento y bombas.

D. Clasificación Ambiental

1. El equipo debe tolerar un rango de temperatura de almacenamiento entre -40°C a 65°C (-4°F a 149°F).
2. El Variador debe operar en un rango de temperatura ambiente entre 0 °C a 40 °C (32 °F a 104 °F) y con una humedad relativa de hasta 95% (sin condensación), a menos que se especifique lo contrario.
3. El equipo debe ser capaz de operar en un rango de altura de 0 a 1,000 m (0 a 3,300 pies) sobre el nivel del mar sin degradar la capacidad nominal. Para aplicaciones sobre los 1,000 m (3,300 pies), las temperaturas ambiente máximas de operación y los Niveles Básicos de Aislamiento (B.I.L.) de los controladores deben ajustarse y los contactores de vacío compensar por la altura correspondiente.
4. El rango de humedad relativa es de 0% a 95% sin condensación.

D. Nivel de Ruido Audible

1. El máximo ruido audible del VFD o asociado al sistema del VFD debe cumplir con la norma OSHA 3074, Preservación Auditiva, la cual limita el ruido a 85 dB(A).
2. El sistema de VFD debe cumplir con la norma OSHA a una distancia de un metro medida desde el frente del equipo (con las puertas cerradas y a cualquier velocidad o condición de carga).
3. Los sistemas de VFD que excedieren dichos límites deben ser provistos de un mecanismo apropiado de disminución de ruido a fin de reducir la presión sonora por debajo del límite de 85dB(A).

E. Compatibilidad del motor

1. El Variador de Frecuencia debe ser capaz de de operar un motor de Inducción Jaula de Ardilla Estándar (o bien, motores Síncronos, o de Rotor Devanado) de potencia equivalente y rangos de velocidad especificados. Motores que necesiten un mayor nivel de aislamiento al estándar no serán aceptables.
2. El Variador debe suministrar al motor una forma de onda casi sinusoidal en corriente y voltaje en todas las velocidades y cargas. El valor total de armónicos de la corriente de salida (THD) debe ser menor al 5%. La utilización del Variador no debería resultar en que los motores, sean sincrónicos o de inducción, requieran de una disminución de su potencia efectiva (¨de-rating¨) ni de mejoras de aislamiento vuelta a vuelta, ¨turn to turn¨, ni de un Factor de Servicio adicional al demandado por la carga.

3. El sistema de aislamiento del motor no debe ser comprometido térmicamente ni sujeto a esfuerzo adicional debido a dv/dt. El valor de dv/dt en las terminales del motor (línea-a-línea) debe ser de un máximo 10 voltios por microsegundo. Si se excede este valor, el Proveedor debe indicarlo y establecerlo claramente en su propuesta, así como especificar el valor real actual en las Hojas de Datos anexas además de explicar los requerimientos y las acciones necesarias en el diseño del motor necesarios que aseguren una larga vida útil del sistema de aislamiento del motor.
4. El VFD debe garantizar la operación estable del motor sin comprometer la vida útil del aislamiento, independientemente de la longitud del cableado entre el motor y el Variador. El Proveedor debe indicar claramente en su propuesta cualquier restricción en la distancia de cables entre el motor y el Variador. Si se requieren filtros especiales de salida a fin de mitigar el reflejo de las ondas, éstos deben constituir parte integral del controlador del VFD.
5. Si se emplean filtros de salida en el VFD, una técnica de conmutación de eliminación selectiva de armónicos (SHE) debe de proveerse a fin de eliminar cualquier resonancia armónica potencial en el rango operacional de velocidad.
6. Las pulsaciones de Par inducidas por el Variador en el eje mecánico de salida deben ser menores al 1% a fin de minimizar la posibilidad de excitar alguna resonancia.

G. Dimensionamiento y/o Selección

1. Las cargas deben de adecuarse a la aplicación deseada.

H. Definiciones

1. La unidad VFD se refiere al Variador de Frecuencia que debe montarse dentro de un envolvente especificado.
2. El Sistema del Variador de Frecuencia se refiere a la unidad VFD y los equipos adicionales especificados bajo el nombre de “Opciones del Sistema de Variador de Frecuencia”.

2.2 Diseño de la Unidad VFD

A. Hardware

1. El diseño del sistema VFV debe brindar una disponibilidad mínima del 99,9%.
2. El diseño del sistema VFV debe tener un valor de MTBF (Tiempo Promedio entre la Ocurrencia de Fallas) de 100,000 horas.
3. El diseño del sistema de VFV debe tener una vida útil de 20 años.
4. Para optimizar la confiabilidad y minimizar la complejidad, la cantidad de elementos de conmutación de potencia en el inversor debe reducirse al máximo empleando elementos de alto valor de Picos de Voltaje Inverso (PIV). Se dará preferencia a aquellos diseños que tengan la menor cantidad posible de elementos de potencia.
5. El Variador debe disponer de un sistema de control de potencia que sea capaz de supervisar todas las señales y fuentes de poder.
6. Se deben de emplear tarjetas de interface de fibra óptica a fin de proporcionar el disparo y las señales de retroalimentación de los elementos semiconductores. El sistema de diagnóstico de las señales de retroalimentación debe permitir control constante del elemento así como supervisión permanente de la integridad y temperatura del mismo.
7. Se deben de emplear tarjetas de interface de fibra óptica a fin de proporcionar el disparo y las señales de retroalimentación de los elementos semiconductores. El sistema de diagnóstico de las señales de retroalimentación debe permitir control constante del elemento así como supervisión permanente de la integridad y temperatura del mismo.
8. Se deben emplear Arreglos Programables en Campo de Compuertas (FPGA) en las tarjetas de control del Variador para proveer manejo a alta velocidad de las rutinas de diagnóstico y fallas. Los Controles Digitales de alta velocidad deben supervisar continuamente todas las fallas de hardware y software, incluyendo la capacidad de captar los voltajes de potencia y corriente, así como las fallas internas del equipo.
9. Los elementos de diagnóstico de conmutación de potencia deben detectar y proteger a los elementos o componentes contra los corto circuitos, disparo de sobre y bajo voltaje, pérdida de la señal de disparo, pérdida de la señal de diagnóstico de retroalimentación y de temperatura del disipador de calor, así como también por pérdida de la señales de supervisión por sobrecarga y de protección.
10. Los módulos de conmutación de potencia de estado sólido defectuosos deben ser reemplazables sin necesidad de reemplazar la celda de potencia completa. No deben de requerirse herramientas especiales o equipos de medición de Par. El tiempo necesario para reemplazar un componente de conmutación de estado sólido de potencia defectuoso debe ser como máximo de 5 minutos para Variadores enfriados por aire y menos de 15 minutos para Variadores enfriados por líquidos
11. Si el punto anterior no se puede llevar a cabo, ya sea por tiempo ó si es necesario reemplazar toda la celda de potencia, el proveedor deberá indicar el tiempo medio de reparación de un módulo de potencia en las hojas de Datos Anexas.

B. Lógica de Control

1. El VFD debe producir voltaje y frecuencia variable a la salida para proveer una operación continua a lo largo de todo el rango de velocidad de la aplicación.
2. El Variador deberá ser capaz de trabajar con la salida en cortocircuito a plena corriente.
3. La precisión de la velocidad dentro del rango de control, expresada como porcentaje de la velocidad base, deberá ser de 0.1 % sin retroalimentación de velocidad (0.01% con un encoder o tacómetro de pulsos).
4. El Variador deberá tener un ciclo de trabajo continuo del 100% de la corriente nominal con una sobrecarga del 110% por un minuto cada 10 minutos (adecuado para cargas de Par Variable). Si la carga es de Par constante, se requiere un ciclo de trabajo pesado con capacidad de soportar 100% de la corriente nominal de forma continua con una sobrecarga del 150% de un minuto por cada 10 minutos.
5. El Variador debe ser capaz de suministrar hasta el 100% de Par de Arranque sin retroalimentación de velocidad.
6. Para aplicaciones de alta inercia, se le dará preferencia a los variadores de frecuencia capaces de tener un frenado regenerativo.

2.3 Características de la Unidad de VFD

A. Modo de Control

1. El Variador debe emplear Control Vectorial sin retroalimentación de velocidad para aplicaciones generales, y Control Vectorial con retroalimentación de velocidad si es una carga de alto desempeño.

B. Auto-sintonía

1. El VFD tendrá la capacidad de contar con una función de auto-sintonía programable.
2. La función tendrá la capacidad de ser deshabilitada.
3. La función puede ser programable para las siguientes opciones:
    a. Inductancia de Conmutación
    b. Constante de Tiempo del reactor de C.D.
    c. Resistencia del Estator del Motor
    d. Inductancia de Fuga del Motor
    e. Regulador de Flujo
    f. Inercia Total

C. Modo de Arranque

1. El VFD deberá de ofrecer dos modos de arranque.
2. El perfil de curva “S” deberá consistir de dos porciones una lineal y otra no-lineal.
    a. Deberá existir un parámetro que especifique la duración de la porción no-lineal de la curva de de aceleración del VFD.
    b. Deberá existir un parámetro que defina el tiempo total de aceleración a la velocidad nominal en la curva “S”.
3. El modo de rampa debe ser programable con 4 puntos de quiebra de las rampas.
    a. El modo de rampa tendrá tiempos de aceleración y desaceleración programables.
    b. El modo de rampa tendrá un parámetro que ayude a ajustar un retraso en el arranque el cual especifique el tiempo de referencia que permanece a cero velocidad posterior al arranque del VFD.

D. Modo de Paro

1. El VFD deberá de ofrecer tres modos de paro.
2. El modo de paro deberá ser programable con 4 tiempos de desaceleración.
3. En el modo de paro “Libre”, deberá existir un parámetro programable para ajustar y especificar la velocidad en la que el variador para la operación del motor y se frena con la inercia (libre).
4. Modo Regenerativo.

E. Capacidad de Auto-Arranque (re-arranque)

1. El VFD tendrá la capacidad de re-arrancar automáticamente en el evento de una perdida momentánea de energía.
2. Un parámetro de retraso de re-arranque automático deberá de estar disponible en el VFD con un rango ajustable de 0 a 10 segundos.

F. Arranque al vuelo (“Flying Start")

1. El VFD deberá de tener la capacidad de arrancar y tomar el control del motor que tiene acoplado a una carga en rotación en cualquier dirección.

G. Velocidades Preestablecidas

1. El VFD deberá tener al menos 3 velocidades preestablecidas.
2. Las velocidades preestablecidas deberán de programarse entre 0.5 y 75 Hz.

H. Velocidades de Salto

1. EL VFD deberá tener al menos 3 velocidades de salto. En estas 3 velocidades el VFD pasará por ellas pero nunca se quedará trabajando en esas velocidades.

2. Las velocidades de salto deberán de programarse entre 1.0 y 75 Hz.
3. Las velocidades de salto tendrán una ventana programable entre 0.0 y 5.0 Hz antes y después de cada velocidad de salto.

I. Capacidad de "Ride Through" – superar una interrupción de energía y seguir operando

1. El VFD debe de estar en la capacidad de operar y superar una pérdida de potencia de 5 ciclos.
2. Si así se especifica en las hojas de datos anexas, debe de suministrarse un UPS como una opción para extender la capacidad de "ride through" hasta 2 minutos.
3. El sistema de Variador de Frecuencia debe ser capaz de operar con el 30% de caída de voltaje de línea.

J. Detección de una Pérdida de Carga

1. El VFD tendrá un parámetro que especifique la respuesta del mismo ante una condición de pérdida de carga.
2. El parámetro tendrá las siguientes opciones de configuración: deshabilitado, alarma y falla.

K. Entradas y Salidas (E/S) Digitales

1. Se proveerán dieciséis (16) señales digitales aisladas de entrada de forma estándar en el Variador como estándar.
2. Se proveerán de dieciséis (16) señales digitales aisladas de salida de forma estándar en el Variador como estándar.
3. Las E/S digitales estarán diseñadas para el rango desde 12V hasta 260V C.A. o C.D.

L. Configuración de fallas

1. El VFD deberá contar con las clases de falla que definan lo siguiente:
    a. Clase de Protección de Entrada del VFD
    b. Clase de Protección magnética del rectificador
    c. Clase de Protección del Reactor de C.D.
    d. Clase de Protección del Motor
    e. Clase de Protección del Transformador de Aislamiento
    f. Clase de Disparo Auxiliar
    g. Clase de Disparo Externo

2. Cada clase de falla deberá tener la siguiente configuración:
    a. Deshabilitar la entrada de falla
    b. El drive parará al motor de inmediato
    c. El drive mandará un paro controlado
    d. El drive no se disparará, pero desplegará una señal de alarma
3. El VFD deberá de tener mascaras de Falla y Alarma.

M. Características de Protección

1. La información de fallas será accesible a través de una interface de operador.
2. El Variador deberá contar con las siguientes características de protección básicas:
    a. En el Lado de Fuente de Entrada:
        1. Bajo Voltaje (ajustable)
        2. Sobre Voltaje (ajustable)
        3. Sobre corriente instantánea (ajustable)
        4. Falla a tierra (ajustable)
        5. Sobrecarga (ajustable) – Falla y Alarma
        6. Desbalance de corriente con retardo ajustable
        7. Desbalance de voltaje con retardo ajustable

    b. Al nivel del Sistema:
        1. Bajo Voltaje en la entrada de la fuente de poder de las compuertas
        2. Sobre/Bajo voltaje de control y señales – Falla y Alarma
        3. Protección de sobre temperatura (Rectificador, Inversor y dentro del Gabinete) – Falla y Alarma
        4. Sobre Voltaje de C.D. (ajustable)
        5. Bajo Voltaje de C.D. (ajustable)
        6. Puerto de Comunicación – Falla y Alarma
        7. Pérdida de E/S – Alarma y Falla

    c. A la Salida hacia el Motor o Lado de Carga:
        1. Protección de cortocircuito (sobre corriente instantánea)
        2. Sobrecarga (sobre corriente retardada) – Alarma y Falla
        3. Sobre Voltaje (ajustable)

4. Sobre velocidad del Motor (ajustable)
5. Falla a Tierra (ajustable)
6. Atascamiento (ajustable)
7. Sobre Velocidad del motor (ajustable)
8. Desbalance de Flujo del Motor (ajustable)
9. Desbalance de Corriente del Motor (ajustable)
10. Nivel de Pérdida de Carga, Velocidad (ajustable)

N. Medición

1. El VFD debe desplegar los parámetros medidos a través de la interface del usuario.
2. El VFD deberá medir lo siguiente:
   a. Corriente RMS del motor
   b. Voltaje RMS del motor
   c. Potencia en kW del motor
   d. RPM del motor
3. Los valores medidos deberán ser capaces de asignarlos a una salida analógica para tener una señal de medición a la salida.

O. Configuración del Contactor(es)

1. El VFD deberá de tener un grupo de parámetros para especificar una configuración de contactor de entrada y/o salida.
2. Los parámetros para la configuración de contactor de entrada deberá especificarse bajo que condiciones el contactor de entrada deberá de comandarle una apertura. Las opciones serán: abierto cuando el motor no se encuentre operando, abierto por cualquier falla o abierto por fallas críticas.
3. Los parámetros para la configuración de contactor de salida deberá especificarse bajo que condiciones el contactor de salida deberá de comandarle una apertura. Las opciones serán: abierto cuando el motor no se encuentre operando y abierto por cualquier falla.
4. Un contactor de salida (si se especifica en las hojas de datos anexas) deberá aislar de manera segura el motor del VFD cuando (por ejemplo) el motor opere en el sentido de giro contrario.

2.4 Opciones del Sistema de Variador de Frecuencia

A. Estructura (VFD's Enfriados por Aire)

1. Envolvente
   a. Los gabinetes deberán ser NEMA 1G (IEC IP21) como estándar. Las rejillas de ventilación de las puertas deberán ser ensambles removibles desde el frente para poder cambiar los filtros. Detrás de cada ensamble de filtros se colocarán rejillas de seguridad. Las puertas y gabinetes deberán ser hechos con lámina calibre 12 mínimo (2.64 mm de ancho) de acero para construcción robusta y resistente. Todas las puertas deberán estar provistas de empaques para sellar y proveer cierre seguro.

b. Los seguros de puertas deberán ser de servicio pesado del tipo ¼ de vuelta y operados con llave Allen. Las puertas del gabinete del convertidor y de cableado deberán estar enclavadas con los interruptores de potencia o cuchillas de aislamiento del sistema con un enclavamiento de llave. Este sistema de enclavamientos deberá estar diseñado para evitar acceso a todos los compartimientos de media tensión con el sistema energizado.

c. El Variador deberá ser diseñado para que todo el acceso de partes y componentes sea frontal. Montaje espalda contra espalda de equipos deber ser totalmente posible. Equipos que requieran acceso por atrás no serán aceptados.

2. Acabado de la Estructura

a. Como estándar, todas las partes externas e internas del Variador (excepto los paneles internos de baja tensión y las láminas frontales internas) deberán ser pintados de color gris con pintura texturizada (Sandtex, se preferirá la puerta del operador hombre máquina pintada de negro con pintura texturizada para fácil ubicación visual de la misma).

b. Todas las láminas metálicas frontales internas y el panel de baja tensión deberán ser pintados con blanco de alto brillo para facilitar visibilidad de cables y puntos de conexión. Pintura de retoque en campo en forma de spray deberá ser suministrada cuando se requiera.

Descripción.....	Polvo híbrido epóxico texturizado-Sandtex
Color Estándar.....	Gris / Blanco - Sandtex (opcional ANSI 49 gris ligero)
Procedimiento.....	Línea de pintura continua. Todas las partes pintadas antes de ensamblarlas.
Preparación	Limpieza alcalina/Enjuague/Enjuague con fosfato de hierro/Enjuague sellador de hierro-cromo/ Enjuague con agua recirculada sin iones y con agua fresca sin iones.
Pintura	Pintura electrostática atomizada con aire. Espesor total de pintura – 0.002" (0.051 mm) mínimo
Horneado……	Horno de gas natural a 179°C (355°F) mínimo

c. Todas las partes de acero no pintadas deberán ser tratadas con cromato de zinc/bronce para resistencia a la corrosión.

3. Sistema de Enfriamiento (Aire)

a. El Variador deberá ser enfriado por aire a menos que se especifique lo contrario en las hojas de datos anexas.

b. Los Variadores enfriados por aire deberán estar provistos de un ventilador de flujo mixto integral a la estructura del Variador. El Variador deberá incluir interruptores de presión de flujo de aire y detectores de temperatura para monitorear la operación adecuada del sistema de enfriamiento por aire. Si el ventilador falla, el

sistema deberá generar una alarma indicando la falla del ventilador. Sensores de flujo de aire tipo paleta no serán aceptables.

c. Si se especifica, se debe proveer un ducto de extracción de aire afuera del cuarto de control.

d. Si se especifica, se deberá suministrar un Ventilador de Enfriamiento redundante para evitar que, aún y cuando se presente un aviso anterior a una falla, el variador no suspenda la operación del motor por motivos de enfriamiento.

B. Estructura y Diseño (VFD's Enfriados por Líquido)

1. El Variador debe ser enfriado por líquido cuando así se especifique en las hojas de datos anexas. El líquido de enfriamiento debe ser una mezcla de etileno glicol libre de hierro y cloro mezclada con agua deionizada para un rango de temperatura de servicio entre -45°C a +70°C. La conductividad del refrigerante debe ser de 1-2 micro-Siemens / cm.

2. Deben ofrecerse como opciones estándar, intercambiadores de calor Aire–Líquido y Líquido-Líquido. Los intercambiadores líquido-líquido deben estar integrados al panel de bombas del Variador con sensores de alto y bajo nivel. Estos intercambiadores deben fabricarse con láminas de acero inoxidable recubiertos con níquel. Los intercambiadores líquido-líquido necesitan una fuente independiente de agua fresca suministrada por el Comprador. El agua fresca la temperatura máxima del agua debe de ser de 30°C y una presión máxima de 165 psi.

3. El panel de bombas del Variador deber ser parte integral del gabinete del Variador y debe incluir una bomba redundante la cual se conectará automáticamente en caso de que la bomba que está operando falle. Un PLC incluido en el panel de control debe alternar automáticamente ambas bombas cada 8 horas para mantenerlas funcionando por igual.

4. El líquido refrigerante debe ser monitoreado constantemente por temperatura, conductividad y presión. Un tanque de almacenaje debe incluirse dentro del panel de bombas con sensores de nivel alto y bajo.

5. Si se especifica un intercambiador líquido-aire, el equipo debe de ser instalado en el exterior por terceros. Las tuberías de líquido, cables de potencia y control entre el Variador y el intercambiador serán instalados por terceros. El líquido de enfriamiento debe ser supervisado por el Proveedor del Variador. Los intercambiadores líquido-aire deben incluir un ventilador redundante como estándar.

6. No se aceptaran transformadores de aislamiento enfriados por líquido. Si se requiere, los transformadores de aislamiento deben instalarse en el exterior y bañados en aceite para reducir las pérdidas por calor en el cuarto de control.

C. La instrumentación deberá incluir el monitoreo, iniciación de alarmas y acciones correctivas; así como el disparo del VFD si es necesario. Los siguientes modos de fallos deberán de ser detectados:

1. Perdida de una bomba y/o suministro de voltaje a la misma

2. Perdida de suministro de líquido secundario o sobre temperatura de suministro secundario.

3. Fuga de líquido en el sistema

4. Obstrucción en las tuberías

D. Materiales en contacto con el líquido:

1. Disipadores de Calor de Cobre
2. Acero Inoxidable
3. Válvulas y Tuberías de CPVC
4. Mangueras de Silicón No-Conductivo
5. Hule sintético (EPDM) para las bridas
6. Polipropileno
7. Bronce

E. El medidor de conductividad monitorea continuamente la conductividad del líquido. Debido a que la conductividad es una medida del contenido químico soluble en el líquido, no será necesario alguna prueba o análisis químico del líquido secundario. Los cartuchos desionizadores deberá de tenerse la opción de cambiarlo cuando la conductividad alcance 1 uS/cm.

Debido a que el circuito del líquido secundario será un sistema recirculante, la cantidad de impurezas insolubles en el sistema no deberá incrementar con el tiempo. El único metal en contacto con el circuito primario del líquido es el cobre y el acero inoxidable de las tuberías. La temperatura máxima de operación para este líquido será de 60°C.

F. Cableado

a. El VFD deberá incluir un ensamble adecuado para terminar y acceder fácilmente los cables de entrada y salida de potencia. La sección de cables deberá permitir llegada y salida de cables por arriba/abajo (según se requiera en las hojas anexas).

b. Un canal de cableado de control deberá ser instalado en la parte superior frontal del equipo con una cubierta removible para llevar cables de control de una sección a otra.

c. Todas las terminaciones de cables de control y potencia deberán estar claramente identificadas de acuerdo a lo indicado en los planos del equipo.

d. El cable de control de baja tensión deberá ser del tipo TEW estañado para 600 voltios CA.

G. Técnicas de Mitigación de Armónicas

1. El VFD debe satisfacer las exigencias de la última edición en relación con las Recomendaciones de Armónicos de la IEEE 519.
2. Se le dará preferencia a aquellos sistemas de VFD que cumplan con los lineamientos de la IEEE 519 con la menor complejidad de diseño posible. El Proveedor deberá de especificar detalladamente en la Propuesta la cantidad de componentes principales de potencia del inversor y rectificador, así como el número de devanados secundarios del transformador de aislamiento en las Hojas de Datos Anexas.
3. Las siguientes soluciones en el rectificador son aceptables:
    a. Rectificador Activo o PWM con reactor de línea o transformador de aislamiento.
    b. Rectificador de 24 pulsos con transformador de aislamiento variable de cuatro devanados secundarios.

H. Relevadores Auxiliares

1. Se deberán de proveer relevadores auxiliares para la indicación de Alarma, Falla, Operación y Listo del VFD.
2. Se deberán de proveer dos (2) relevadores auxiliares cableados bajo los requerimientos del cliente.
3. Los contactos de los relevadores deberán de ser para 115 VCA / 30 VCD, 5.0 Amp resistivos y 5.0 Amp inductivos.

I. Comunicaciones

1. El VFD deberá tener la capacidad de proveer una comunicación digital para permitir el control directo y proporcionar el estado del mismo hacia un PLC, SCADA u otro sistema de control.
2. Se deberá de proveer un módulo adaptador de EtherNet, ControlNet o DeviceNet montado en la tarjeta de interface del usuario.

J. Entradas y Salidas Analógicas Aisladas

1. Las interfaces analógicas deberán ser aisladas.
2. Las interfaces analógicas deberán ser configurables (máximo 4) para:

    a. Referencia de velocidad a la entrada (4-20 mA señal de entrada).
    b. Salida de velocidad (4-20 mA señal de salida).
    c. Salida de Voltaje (4-20 mA señal de salida).
    d. Salida de Corriente (4-20 mA señal de salida).
    e. Salida de Carga o Potencia en [kW] (4-20 mA señal de salida).
    f. Salida de Par (4-20 mA señal de salida).

K. Control de la Resistencia Calefactora del Motor

1. El VFD deberá de proveer un circuito de control para alimentar una señal remota de 120 VCA / 2'700W para energizar la resistencia calefactora del motor cuando no se encuentre operando.
2. El contacto para energizar la resistencia deberá de tener un bloqueo mecánico con el relevador de "operando" del VFD para su correcta función.
3. Se deberá de proveer una luz piloto montada en la puerta del envolvente del VFD para indicar que la resistencia calefactora del motor se encuentra energizada.

L. Dispositivos Piloto

1. Los dispositivos piloto deberán ser bajo el estándar NEMA y se deberán montar en la puerta del envolvente del sistema de Variador de Frecuencia.
2. Se deberá de proveer con un switch selector de "Manual/Automático" para la referencia de velocidad.
3. Se deberá de proveer con un switch selector de "Manual/Fuera/Automático" para el control de arranque-paro con luces indicadoras en los modos de "Automático" y "Manual".
4. Se deberá de proveer botones pulsadores de Arranque y Paro.

5. Se deberán de proveer con luces piloto montadas en la puerta del envolvente del sistema para la indicación de Listo, Operando, en Falla y Alarma.

6. Todas las luces piloto deberán ser del tipo LED.

7. Se deberá de proveer con un potenciómetro de vuelta sencilla montado en la puerta del envolvente cumpliendo con la misma protección (NEMA 1/12/4).

M. Horómetro de Operación del Motor

1. Se deberá de proveer un medidor de tiempo de operación del motor digital, no reestablecible y montado en la puerta del envolvente.

2. El medidor deberá de estar eléctricamente bloqueado con los contactos del relevador auxiliar de Operando del VFD y el Contactor de By-pass (si es requerido) para indicar las horas operadas del motor.

N. Módulo de Interface del Operador

1. El VFD debe tener una interface amigable y de fácil uso.

2. La interface del operador deberá contener como mínimo las siguientes características:

   a. Pantalla de cristal líquido (LCD) amplia (mínimo 16 líneas – 40 caracteres) de fácil lectura y con indicaciones “a la vista” del estado del variador.
   b. Medición gráfica configurable de barras para velocidad del motor, carga, Par y voltaje
   c. Indicación de tiempo de uso
   d. Extensas Funciones de diagnóstico que indiquen motivos de las fallas y advertencias incorporadas en una memoria no volátil, que retenga la información bajo todas las condiciones.
   e. Ayuda en línea con mensajes de fallas en texto, completas y claras.
   f. Almacenamiento de tendencias para al menos 8 variables que permita observar una o varias tendencias.
   g. Códigos de Seguridad de multi-nivel que garanticen acceso sólo a personal calificado a los parámetros críticos y que a su vez permita acceso restringido a personal de otros niveles.
   h. Extenso empleo de mensajes de fallas claros y sencillos evitando descifrar códigos de errores para entender la situación planteada.
   i. Secuencias (o Asistente) de Arranque “Start-up wizard”, incluyendo auto ajuste interactivo y amigable al usuario.

O. Software de Edición y Monitoreo

1. Se deberá de proveer un software basado en Windows para monitorear, imprimir y editar los parámetros; cargar, salvar y descargar la configuración completa del VFD; visualizar y limpiar las Alarmas/Fallas del VFD.

P. Opciones de Protección al Motor

1. Si se especifica, el sistema de Variador de Frecuencia deberá de proveer un módulo de monitoreo de temperatura montado en la puerta del envolvente. El módulo deberá tener la capacidad de monitorear hasta ocho (8) señales de RTD, con un contacto de alarma y falla por alta temperatura. Si se requiere, deberá con una comunicación digital.

2.5 Reactores de Línea

1. Se entregarán reactores de línea en lugar de transformadores de aislamiento, cuando las circunstancias así lo permitan, siempre y cuando el diseño del sistema del reactor y el VFD proporcione por lo menos una eficiencia general y un aislamiento de armónicos equivalente al de un transformador y a un sistema de VFD.
2. Los reactores de línea deberán ser integrales con respecto al conjunto del VFD.
3. Los transformadores con multi-secundarios (5 o más secundarios) no serán aceptados.
4. El diseño del factor K del reactor debe ser el apropiado para trabajo como rectificador (rectificador tipo PWM).
5. El enfriamiento del reactor de línea debe ser convección de aire con aislamiento Clase H.
6. El reactor de línea debe incorporar protección térmica.

2.6 Transformadores de salida

A. En general y salvo casos excepcionales, no son aceptables los diseños con transformadores de salida.

2.7 Contactor de Entrada con Aislador a la Salida

A. La unidad de contactor de entrada con aislador a la salida deberá tener como mínimo las siguientes características:

1. El contactor de mediana tensión debe ser fijo y al vacío.
2. Las unidades de 400 A deberán incluir dos (2) juegos: tres polos y un desconectador de no-carga operado por una manija externa. Ambos desconectadores deberán estar mecánicamente Interbloqueados uno con el otro, con el contactor y las puertas de cada unidad o celda.
3. Tres (3) Fusibles limitadores de corriente de curva R.
4. Tres (3) Transformadores de Corriente (TCs) tipo barra.
5. Compartimiento de baja tensión completo con relevadores de control, fusibles, circuitos economizadores, circuito de “Normal-Fuera-Prueba”, receptáculo para alimentación externa para prueba y un juego de tablillas terminales de control.
6. Las puertas del compartimiento de baja tensión y la celda de potencia deberán contar con ventanas o mirillas para visualizar la posición de los desconectadores.

2.8 Unidad de By-pass a Tensión Plena no Reversible

A. Los dos (2) contactores ha utilizar (el de “Salida” y el de “By-pass”) deberán de ser fijos y al vacío; y deberán tener como mínimo las siguientes características:

1. El contactor de mediana tensión debe ser fijo y al vacío.
2. Las unidades de 400 A deberán incluir dos (2) juegos: tres polos y un desconectador de no-carga operado por una manija externa. Ambos desconectadores deberán estar mecánicamente Interbloqueados uno con el otro, con el contactor y las puertas de cada unidad o celda.
3. Tres (3) Fusibles limitadores de corriente de curva R.

4. Tres (3) Transformadores de Corriente (TCs) tipo barra.
5. Compartimiento de baja tensión completo con relevadores de control, fusibles, circuitos economizadores, circuito de “Normal-Fuera-Prueba”, receptáculo para alimentación externa para prueba y un juego de tablillas terminales de control.
6. Las puertas del compartimiento de baja tensión y la celda de potencia deberán contar con ventanas o mirillas para visualizar la posición de los desconectadores.

2.9 Transferencia Síncrona (si se requiere)

A. Se deberá incluir un sistema de control de sincronización del motor para transferir el comando del VFD al arrancador a Tensión Plena No Reversible y viceversa. El sistema de control del VFD debe incorporar un regulador de sincronización para ajustar la referencia de la velocidad del mismo según se requiera para sincronizar el motor a la línea. El VFD debe incorporar los siguientes parámetros de control programables asociados a la transferencia síncrona:

1. Ángulo de Avance de Transferencia Síncrona
2. Ganancia del Regulador de Sincronización
3. Regulador de error en Sincronización
4. Máscara de Transferencia Síncrona
5. Tiempo de Sincronización
6. Tiempo de Transferencia Síncrona
7. Retardo de apagado de la Transferencia Síncrona

El sistema de Variador de Frecuencia y los Contactores asociados, así como la lógica de control deben ser de la responsabilidad de un único Proveedor y probados como un todo o sistema en fábrica.

Parte 3 Ejecución

3.1 Inspección y Pruebas en Fabrica

A. Pruebas Estándar

1. Las siguientes pruebas deben llevarse a cabo de acuerdo con los requerimientos que correspondan y/o especificaciones de Canadian Standards Association (CSA), Underwriters Laboratories (UL), National Electrical Manufacturers Association (NEMA), European Standard (EN), e International Electrotechnical Commission (IEC).
2. Las inspecciones de funcionamiento deben llevarse a cabo donde sea posible; de lo contrario, se deben ejecutar las inspecciones y pruebas de continuidad.
3. Una prueba de Resistencia Dieléctrica de Alto Potencial o "HI-POT" debe ejecutarse en todas las barras y cables fase-fase y fase-tierra (excepto en los elementos de Estado Sólido, los controles de baja tensión y los transformadores de instrumentación). El voltaje de la prueba dependerá del voltaje nominal del producto.
4. Los componentes del sistema deben operarse funcionalmente en circuitos según se muestra en los diagramas eléctricos o según lo exigen las instrucciones específicas de las pruebas.

5. Se deben llevar a cabo pruebas de funcionamiento de los instrumentos, medidores, aparatos de protección y controles aplicando las señales de control respectivas, corrientes y/o voltajes.
6. Los Variadores de Mediana Tensión deben inspeccionarse por lo siguiente:
    a. Prueba para Fallas de Control de Potencia
    b. Chequeo de disparo del Rectificador
    c. Chequeo de disparo del Inversor
    d. Pruebas del Convertidor de Línea
    e. Pruebas del Convertidor de Máquina
    f. Pruebas de Carga
7. Pruebas de Ciclo
    a. El VFD debe ser sometido a una aceleración a la frecuencia de nominal del motor y a bajo carga en un dinamómetro.
    b. Desacelerarlo hasta 10 Hz y luego acelerarlo nuevamente a la frecuencia nominal del motor, con una rampa de tiempo de aproximadamente 10 segundos.
    c. Este ciclo debe repetirse de manera continua por hasta una hora.
8. Pruebas con carga
    a. Se debe probar el VFD bajo carga a la frecuencia de nominal del motor en un dinamómetro. Las pruebas en un banco de pruebas no serán aceptables.

B. Inspección Física

1. El producto debe cumplir con todos los estándares y especificaciones pertinentes de ingeniería y mano de obra. Todos los componentes deben cotejarse contra la documentación de ingeniería y verificar su correcta instalación.
2. Todos los buses y las conexiones con los ellos deberán de revisarse para asegurar que se cumple con las distancias dieléctricas, elongaciones, fases y Par de apriete.
3. Las placas de advertencia, barreras de aislamiento y enclavamientos mecánicos deben ofrecer seguridad suficiente para el personal y el equipo.
    a. Las etiquetas de advertencia y placas de identificación deben estar en las posiciones correspondientes para advertir al personal de peligros potenciales.
    b. Las barreras aislantes deben estar instaladas en los gabinetes. Estas barreras deben impedir al personal entrar en contacto con las partes vivas de los componentes de mediana tensión.
    c. Se debe verificar la operación de la manilla de la cuchilla de aislamiento y los enclavamientos con la puerta. Los enclavamientos impiden abrir la puerta si la manilla de operación está en la posición encendida, “ON”.

C. Pruebas Atestiguadas

1. Si así se requiere, una Prueba Atestiguada en Fábrica se cotizará como una opción adicional, incluyendo una revisión detallada de los planos eléctricos y mecánicos con el Ingeniero de Aplicación o Gerente de Proyecto del Proveedor antes de dar inicio a las pruebas. Cualquier pregunta o duda será aclarada en este momento. Esta etapa incluye una descripción detallada de las pruebas. El Ingeniero de Aplicación acompañará al Comprador/Usuario en todo momento durante la duración de la prueba. Al concluir las pruebas se efectuará una reunión de cierre para discutir cualquier aspecto o duda sobre el resultado de las pruebas. Cualquier modificación o cambio solicitado por el Comprador/Usuario, se discutirá y documentará por escrito en esta reunión. El Ingeniero de Aplicación ó Gerente de Proyecto responderán al Comprador/Usuario a la brevedad posible indicando el impacto en tiempo de entrega y/o costo producto de los cambios, si lo hubiera.

2. La prueba atestiguada incluirá una corrida del Sistema de Variador conectado a un dinamómetro. Durante la prueba, se deberá demostrar el funcionamiento de la Interface del Operador y su funcionalidad así como una demostración de la operación general del VFD.

3. Las pruebas al Variador con el dinamómetro se deben llevar a cabo tanto a frecuencia variable (diferentes velocidades) como en estado estacionario a una velocidad fija.

4. El VFD debe probarse a fin de verificar el Factor de Servicio, si es posible con el dinamómetro de fábrica.

5. Se probará el VFD con el Transformador de Aislamiento de la instalación, el Contactor de Entrada y Reactor de C.D. de la fábrica.

6. Se utilizará para el VFD enfriado por líquido, el intercambiador de calor disponible en la fábrica.

7. El siguiente equipo, si se compró, se someterá a pruebas a un costo adicional sobre el costo base de las pruebas estándar:

    a. Equipos de Aislamiento
    b. Contactores
    c. Filtros de Armónicos
    d. Controladores de ByPass
    e. Transferencia Sincrónica
    f. Opciones de comunicación remota

8. Se hará entrega de un Reporte Certificado de Prueba al Comprador/Usuario.

3.1 Servicios en Campo del Proveedor

A. El arranque del equipo se llevará a cabo en la instalación del usuario. Es necesario que el mismo se efectúe con personal del fabricante y en el idioma local.

B. El Proveedor debe aportar lo siguiente:

1. Una reunión de pre-instalación con el Usuario para revisar:
   - El plan de arranque
   - La agenda del arranque
   - Los requerimientos de instalación
2. Inspeccionar los equipos y componentes eléctricos y mecánicos del VFD en su empaque.
3. Efectuar pruebas de conexión en todos los puntos terminales internos y verificar cableado.
4. Verificar conexiones mecánicas críticas para el par apropiado.
5. Verificar y ajustar todos los enclavamientos mecánicos en la ubicación definitiva.
6. Confirmar que todas las conexiones de cableado entre las secciones sean las correctas.
7. Verificar nuevamente el cableado de control desde cualquier equipo de control externo.
8. Ajustar todas las fuentes de poder internas y los circuitos de control de los componentes de electrónica de potencia.
9. Verificación de la secuencia de fases de potencia en el sistema incluyendo transformador si hubiere.
10. Confirmar y revisar el cableado del Motor al VFD, Transformador de Aislamiento y línea de alimentación.
11. Desarrollar una prueba de aislamiento “Megger”.
12. Aplicar mediana tensión al VFD y realizar los ajustes y pruebas operacionales.
13. Mover momentáneamente el motor y ajustar el VFD a los atributos del sistema (Si la carga no puede manejar movimiento en reversa, la carga deberá ser desacoplada antes de mover el motor para ajustes direccionales)
14. Hacer funcionar el VFD con el motor y la carga sobre el rango de variación de velocidad para verificar desempeño apropiado.
15. Grabar y guardar todas las mediciones.
16. Proveer una lista de parámetros del VFD con los ajustes finales.

3.2 Entrenamiento

A. El Proveedor debe ofrecer la Opción de brindar un entrenamiento en Variadores de Frecuencia de Mediana Tensión en su fábrica. Si se solicita, es posible proporcionar asistencia en el idioma local. Las sesiones de entrenamiento deben diseñarse para personal de mantenimiento y operación e incluir análisis y detección de fallas de los VFDs suministrados. Se proporcionarán manuales y documentación para cada participante.

B. El entrenamiento deberá cubrir los siguientes tópicos:

1. Teoría básica del motor
2. Teoría de Operación
3. Componentes del VFD
4. Software del VFD
5. Operación del Sistema de Enfriamiento

6. Interface del Operador
7. Procedimientos de reemplazo de tarjetas
8. Procedimientos de reemplazo de componentes de potencia
9. Análisis y Detección de fallas
10. Procedimientos de Mantenimiento Preventivo

C. Las prácticas de laboratorio serán parte integral del curso. Los Equipos de prueba estarán disponibles para permitir a los estudiantes poner en práctica las instrucciones teóricas en un equipo operativo de demostración.

3.3 Entrenamiento en Sitio (Opcional)

A. Si se especifica, el Proveedor debe incluir en la cotización un instructor calificado para asistir al personal del Usuario en idioma local con el adiestramiento específico en el sistema instalado en el sitio. El Proveedor debe especificar la duración del entrenamiento y su contenido. Se suministrarán los manuales y la documentación a cada participante (máximo 8 participantes por curso).

B. El entrenamiento debe abarcar:

1. Teoría básica del motor
2. Teoría de Operación
3. Componentes del VFD
4. Software del VFD
5. Operación del Sistema de Enfriamiento
6. Interface del Operador
7. Procedimientos de reemplazo de tarjetas
8. Procedimientos de reemplazo de componentes de potencia
9. Análisis y Detección de fallas
10. Procedimientos de Mantenimiento Preventivo